



## Středoškolská technika 2012

Setkání a prezentace prací středoškolských studentů na ČVUT

# NÍZKOENERGETICKÉ A PASIVNÍ DOMY

Lucie Novotná

Střední zdravotnická škola  
Máchova 400, Benešov

### Úvod

Toto téma jsem si vybrala z jednoho prostého důvodu. A to z toho, že jsem měla možnost sledovat proměnu domu, který absolutně neodpovídal normám, byl nevhodně řešený a měl vysokou spotřebu jak elektrické energie, tak topiv. Proto jsem se o této tématice rozhodla vyhledat více informací, zpracovat je a provést jimi i ostatní.

Poznámka: **Veškeré fotografie byly pořízeny na naší přestavbě.**

### Pasivní domy

Jako **pasivní domy** jsou v normě ČSN 730540:2 označovány budovy s roční měrnou potřebou tepla na vytápění nepřesahující  $15 \text{ kWh/m}^2$  a zároveň musí být splněn velmi přísný požadavek na celkovou neprůvzdušnost budovy (hodnota  $n_{50}=0,6\text{h}^{-1}$ ). Dále u těchto budov nesmí celkové množství primární energie spojené s provozem budovy (vytápění, ohřev vody...) překračovat hodnotu  $60 \text{ kWh/m}^2$ .

Pasivní dům má extrémně nízkou spotřebu tepla. Aby se do něj mohlo dodávat minimální množství energie, a přesto v něm zůstala tepelná pohoda, je třeba teplo v domě chránit.

Silná vrstva tepelné izolace bez tepelných mostů výrazně snižuje tepelné ztráty. Pakliže chcete dosáhnout pasivního standartu, zapomeňte na variantu zdiva bez zateplení. Zajištění větrání a

výměny vzduchu je u pasivních domů vždy zajištěno rekuperací. Tloušťku celkové izolace je možné zvolit individuálně, od 100 až po 400 mm. U pasivních domů je vhodná tepelná izolace minimálně 250 mm, což je celková tloušťka konstrukce 400 mm a více. Tvarovky jsou připraveny na jednoduchou povrchovou úpravu, vnější tenkovrstvá omítka, vnitřní taktéž, nebo můžete použít jádrovou se štukem, či sádrovou omítku. Další variantou (např. při rekonstrukci) může být kontaktní zateplovací systém.

### **Konstrukce střechy**

Další součástí zateplení celé obálky je konstrukce střechy. Požadavky na zateplení plochých nebo šikmých střech jsou téměř totožné. Pokud se chceme dostat do nízkoenergetického standardu, volíme minimálně  $U_{\text{střechy}} = 0,15 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$ . Volba materiálu u jednoplašťových plochých střech je ovlivněna i tuhostí tepelně izolačního materiálu, protože se často využívá jako pochozí, nebo je na povrchu tvořena vegetační vrstvou. U šikmých střech je efektivním řešením nadkrovní izolace (systém THERMODACH), nebo alespoň kombinace nadkrovní a mezikrovní izolace (minerální plst').

### **Kontaktní zateplovací systém**

Kontaktní zateplovací systémy jsou elegantním způsobem vnějšího zateplení domů. Umožňují zachování původního rázu fasády - povrch systému tvoří omítka. Jejich výhodou je **celistvé zateplení celé fasády** bez jakýchkoli tepelných mostů. Tepelná izolace je u tohoto systému přímo spojena lepící hmotou (tmelem) a hmoždinkami s původním zdívem a strukturovanou omítkou. Kamenná vlna představuje ideální materiál pro použití v kontaktních zateplovacích systémech. Má výborné tepelněizolační vlastnosti, je nehořlavá, prodyšná a zvukopohltivá. Několikanásobně překřížený rošt je vhodný z důvodu eliminace liniových tepelných mostů. Další důležitou částí systému je provětraná mezera o tloušťce minimálně 25 mm, jejíž distanci tvoří další část roštu - svislé latě. Krycí část vzduchové mezery vytváří fasádní obklad – dřevo, cementotřískové desky, keramika atd.

### **Konstrukce podlahy**

Konstrukce podlahy (nad zemínou nebo nevytápěným prostorem) nám musí dotvářet celkovou obálku budovy, a proto i na tuto konstrukci je kladen stejný důraz z hlediska tepelné izolace. Pokud je konstrukce podlahy nad železobetonovou deskou, hraje důležitou roli při návrhu podlahy prostor pod podlahou. Je-li dům nepodsklepený, je to vždy lepší řešení a existuje více efektivních variant zateplení. Jedna z takových možností nastává tehdy, je-li konstrukce podlahy nad železobetonovou deskou, pak je možno tepelný izolant navrhnout pod desku (např. systém ISOQUICK nebo drcené

pěnosklo jako podsyp) a styk s obvodovou konstrukcí pak nevykazuje žádné tepelné mosty. V případě podsklepeného domu je třeba oddělit prostory buď tepelnou izolací pod stropem, nebo je možné mít tepelnou izolaci jako součást podlahy, ale zde musíme volit pevnější materiál.

## Nízkoenergetické domy

Za **nízkoenergetické domy** považuje ČSN 730540:2 budovy s roční měrnou potřebou tepla na vytápění nepřesahující 50 kWh/m<sup>2</sup>, pokud využívají velmi účinnou otopnou soustavu. Toto kritérium se používá bez ohledu na tvar budovy. Při vhodném kompaktním tvaru bude pochopitelně snadněji splnitelné než při tvaru velmi členitém. Z praktického hlediska však nelze dosáhnout parametrů **nízkoenergetického domu** bez systému nuceného větrání s rekuperací. V běžném domě je až 95 % větrání realizováno spárami a větracími jednotkami (digestoře, ventilátory). S tím je spojen i únik tepla bez návratu. Často se pak setkáváme s různými mýty a pověrami ohledně použití tepelné izolace. Nejčastějším argumentem odpůrců tepelné izolace (zvláště polystyrénu) je, že konstrukce po zateplení „nedýchá“. V nízkoenergetických domem používáme k dýchání a výměně vzduchu jiné, efektivnější způsoby, mezi něž patří rekuperace.

## Z osobní zkušenosti

Náš starý dům je nyní v rekonstrukci, a aby z něj mohl vzniknout nízkoenergetický dům, je potřeba vyřešit spoustu problémů. V první fázi je potřeba vybourat nepraktické zdi a zvětšit tak účinně prostor. Poté je nutné rozbourat i podlahy protože zespoda nebyla žádná izolace, takže do domu zatékalo. Další zjištěný problém bylo prasklé vodovodní potrubí, kvůli kterému se na zdech držely plísň. Nakonec topení, které bylo dalším problémem na tak velký prostor, jaký v našem domě je bylo radiátorů málo a budova nebyla dostatečně vyhřívána.

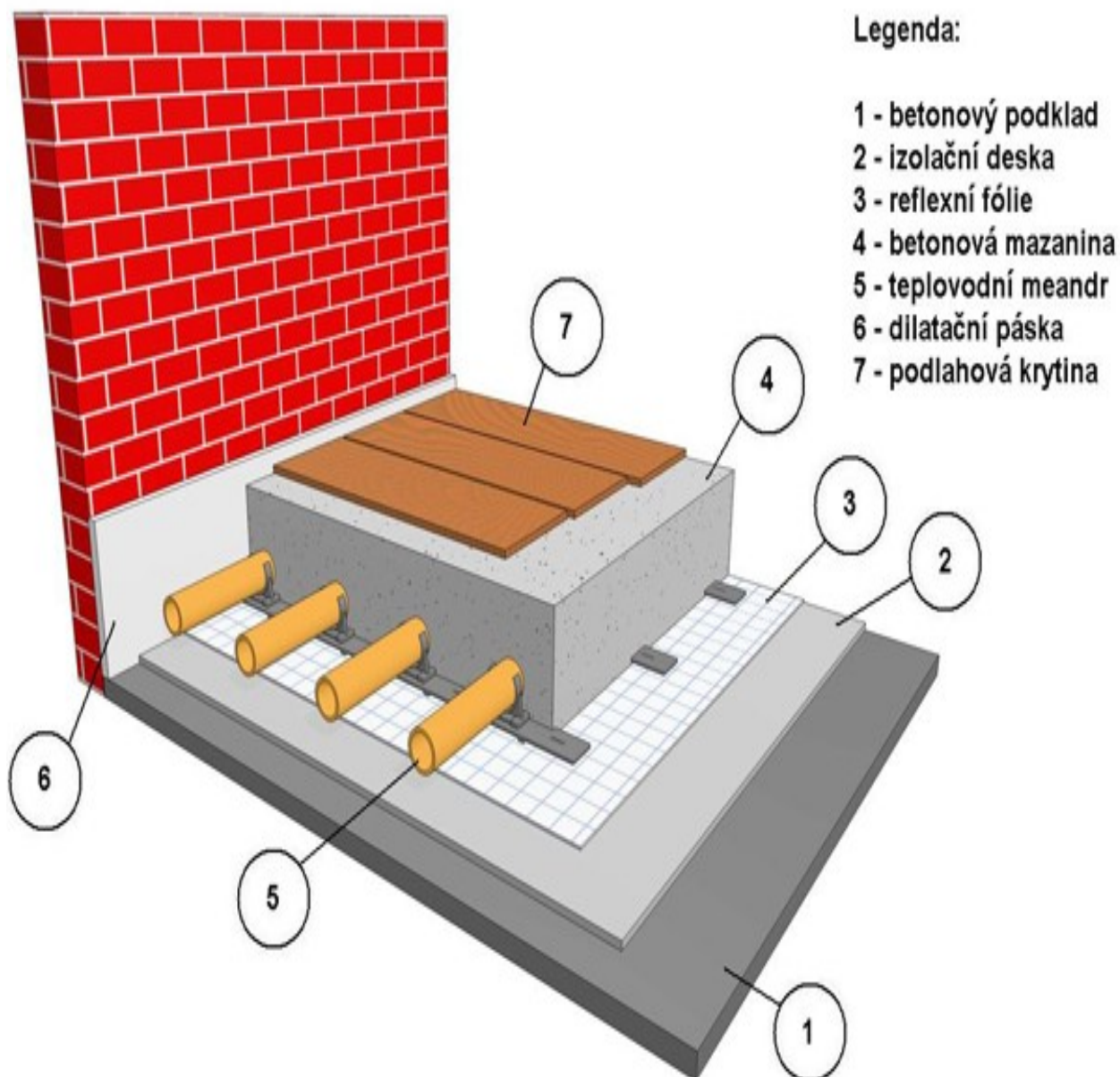
## Jak jsme tyto problémy řešili?

Vše se odstranilo a vybouralo, rekonstrukce začala v létě, takže jsme dům nechali vyschnout. Když už bylo, sucho nechaly jsme natáhnout nové potrubí jak kanalizaci, tak i vodovodní potrubí, navozili jsme štěrk a zalili ho betonem zatím pouze nahrubo. Na tento hrubý beton jsme začali stavět zdi pod které se dala izolace. Nyní se chystáme instalovat podlahové topení, které se pak zalije betonem

**Teplovodní podlahové topení** se skládá ze soustavy namotaných AL/PEX plastových trubek (hliníková vrstva s ochranou proti difúzi kyslíku) v podlaze, podložených izolací s reflexní odrazovou fólií s rastrem a zalitých betonovou směsí

Systém podlahového topení je rozdělený na samostatné topné okruhy. Každý okruh se může teplotně ovládat zvlášť. Pomocí termohlavice a uzavíratelného šroubení s průtokoměrem. V podlahovém topení proudí voda o nižší teplotě než v případě radiátorů (nižší o cca 20 °C), což

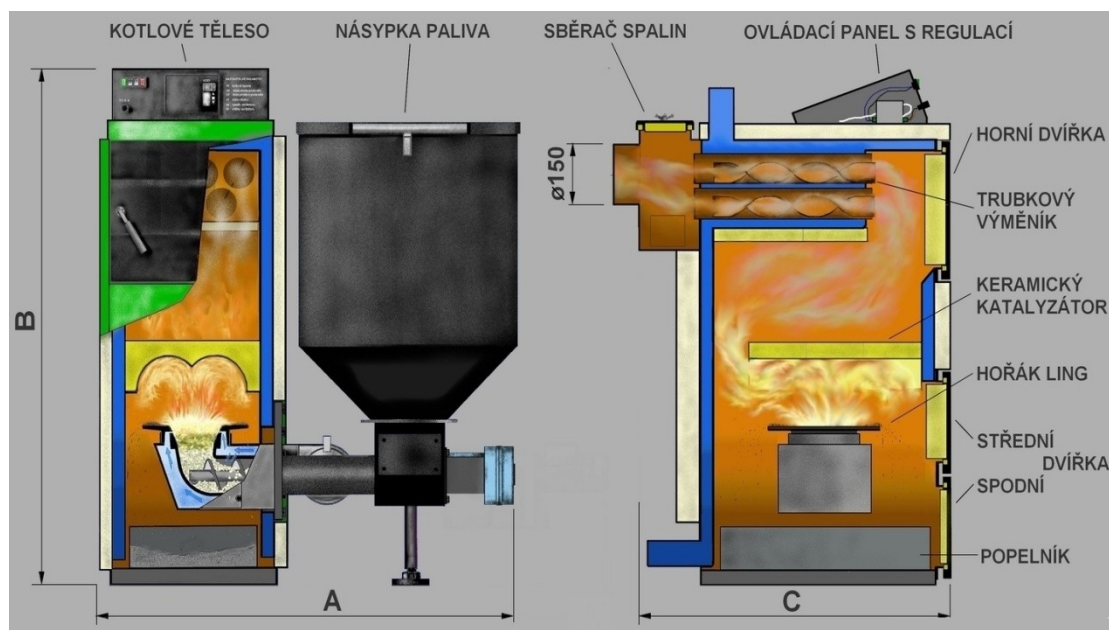
zaručuje úsporu nákladů na vytápění. Podlahové topení je tedy skryté v podlaze, nikde nejsou vidět trubky či jiné zařízení, které by narušovaly vzhled místnosti, nejste tedy omezováni při rozmísťování nábytku. Vzduch v místnosti se při topení rovnoměrně zahřívá, čímž nedochází k cirkulaci vzduchu a víření prachu. Podlahové vytápění je tedy mimořádně vhodné i pro alergiky a zajišťuje zdravé bydlení. Podlahové vytápění přináší efektivní a úsporný způsob vytápění rodinných domů, kanceláří, rekonstrukcí, bytů, obchodů, komerčních budov, prostě všude, kde je zapotřebí příjemné teplo, za překvapivě **nízké provozní náklady**. Na podlahu je možné pokládat - koberce,



dlažbu, PVC, linoleum, plovoucí a laminátové podlahy, dřevěné podlahy včetně parket.

## Kotel na biomasu

A když jsme u vytápění, nesmím opomenout kotel. Rozhodli jsme se pro kotel na biomasu o výkonu 24 kW. **Automatické kotle** tvoří dva základní celky kotlové těleso a hořák. Kotlové těleso je ocelové konstrukce s litinovými dvířky. Ty jeho části, které přicházejí do styku se spalinami, jsou vyrobeny z kvalitních plechů tloušťky 6 mm. Hořák je integrován do spodní části kotlového tělesa. Nad ním je umístěn keramický katalyzátor. Tvar katalyzátoru usměřňuje spaliny, jednak zpět nad hořák tím umožňuje dokonalé vyhoření paliva a dohoření spalin jednak na zadní stěnu kotlového tělesa. Odtud jsou spaliny směřovány do trubkového výměníku s turbulátory a následně přes sběrač spalin do kouřovodu.



Hořák je konstruován na principu spodního přikládání paliva (retortový) a samotné spalování v něm připomíná hoření v kovářské výhni. Z násypky je palivo dodáváno šnekovým podavačem (motor s převodovkou, šnekovnice) do kolena-retorty. Zde je vytlačováno vzhůru na kruhový rošt. Rošt i retorta jsou vyrobeny z vysoce kvalitní litiny. Retorta je umístěna ve směšovači, do kterého je foukán vzduch ventilátorem. Drážkami mezi retortou a roštem je pak vzduch foukán do nahořelé vrstvy paliva. Množství spalovacího vzduchu (resp. intenzita rozdmýchávání paliva) je dáno regulovatelnými otáčkami ventilátoru. Vyhořelé palivo - popel a struska - přepadávají přes okraje roštu do popelníku pod směšovačem. Palivo je do spalovací části hořáku dodáváno v cyklech, které jsou nastavitelné na regulátoru.



Hořák se v automatickém provozu zapíná a vypíná podle požadované teploty topné vody (nastavitelná kotlovým termostatem) v závislosti na potřebě tepla v otopném systému.



V horním panelu kotle je umístěn regulátor, který je řešen jako procesorový s analogovým čidlem teploty a releovými výstupy pro ventilátor, šnekový podavač paliva kotle a čerpadlo kotlového okruhu. Otáčky ventilátoru lze regulovat triakovým výstupem (v sérii s kontaktem relé). Na displeji lze odečítat kotlovou teplotu a nastavené parametry.

## Provoz automatického kotle

Díky elektronické regulaci, velkému zásobníku paliva (až 340 l) a velkému popelníku (40 l) je umožněn několikadenní bezobslužný provoz. Při spalování spékavých paliv či provozu na maximální výkon je nutná kontrola kotle v délce 5 minut denně. Princip retortového hořáku umožňuje zapálit kotel pouze na začátku topné sezóny, regulace poté kotel udržuje v pohotovostním stavu tak, aby mohl během krátké doby naběhnout na optimální provoz. Umožňuje to provoz s nízkými náklady i při letním režimu (pouze ohřev teplé vody v bojleru).



Tento kotel byl nahrazen.....



.....tímto.....



## Závěr

Pro rekonstrukci našeho domu jsme se rozhodli už z několika důvodů. Prvním důvodem byl nedobře řešený půdorys. Byly zde zbytečné stěny a nevyužívané prostory, které nebyly vytápěné, a tudíž teplo z obytných prostor „utíkalo“ přes tenké příčky ven a v domě byla zima.

Roční potřeba energie na vytápění vycházela 115 kWh/m<sup>2</sup>. Předpokládáme, že se po rekonstrukci dostane náš dům do kategorie nízkoenergetického domu.

Dalším důvodem byly neustálé plísňe z vlhkosti, která se v domě držela, tato vlhkost způsobovala časté rýmy a jiné nepříjemné nemoci. Dále pak vysoká spotřeba topného materiálu. Tyto problémy se nám podařilo vyřešit kompletní rekonstrukcí, dům zůstal stát pouze na nosných stěnách a vše se kompletně předělalo. Do domu se opět nastěhujeme až v prosinci a doufáme, že se nám našich cílů podařilo dosáhnout a že spotřeba topného materiálu se sníží alespoň o 40 %. Možná zní tento nárok přehnaně, ale vzhledem k tomu, kolik materiálu jsme spálili každý rok, se dá usoudit, že by mohla být vytápěna polovina další, zhruba stejně velké budovy.

Pro výpočet celkové roční potřeby energie na vytápění a ohřev TUV jsem použila elektronickou kalkulačku uvedenou v příloze.

V případě, že bychom skutečně ušetřili 40 % energie, tzn. místo původních 71,6 MWh za rok bychom spotřebovali pouze 43,7 MWh, tj. o 28 MWh méně, ušetřili bychom životní prostředí o množství škodlivin dle následující tabulky:

Množství znečišťujících látek v kg přepočtené na množství energie						
Typ znečišťující látky		kotel ZP	kotel dřevo	Elektřina systémová	Kotel HU pevný	kotel HU mostecké
Tuhé látky	kg	0,06	93,49	2,59	71,10	56,30
SO <sub>2</sub>	kg	0,03	7,48	48,94	134,20	120,50
NO <sub>x</sub>	kg	4,71	22,44	41,57	17,10	17,00
CO	kg	0,94	7,48	3,93	256,40	256,40
C <sub>x</sub> H <sub>y</sub>	kg	5556,00	6,66	3,90	57,00	50,50
CO <sub>2</sub>	kg	5556,00	0,00	32500,00	10000,00	10000,00

Nejenže ušetříme za energii, ale měli bychom ušetřit i životní prostředí tím, že budeme využívat šetrnější zdroj energie – kotel na biomasu. A samozřejmě ušetříme i peníze, jednak menším množstvím potřebné energie a jednak přechodem na biomasu. Vše jsou zatím

teoretické předpoklady a všichni jsme zvědaví, jestli se už letošní zimu potvrdí.

## Příloha

<b>Lokalita (Tabulka)</b>		<input type="radio"/> tem = 12 °C <input checked="" type="radio"/> tem = 13 °C <input type="radio"/> tem = 15 °C ???	
Město	<input type="text" value="Benešov"/>	Délka topného období	d = <input type="text" value="245"/> [dny]
Venkovní výpočtová teplota $t_e$	= <input type="text" value="-15"/> °C	Prům. teplota během otopného období	$t_{es}$ = <input type="text" value="3.9"/> °C

<input checked="" type="checkbox"/> <b>Vytápění</b> Tepelná ztráta objektu $Q_c$ = <input type="text" value="16"/> kW Průměrná vnitřní výpočtová teplota $t_{is}$ = <input type="text" value="19"/> °C ??? Vytápěcí denostupně $D = d \cdot (t_{is} - t_{es}) = 3700$ K.dny Opravné součinitele a účinnosti systému $e_i$ = <input type="text" value="0.85"/> ??? $\eta_o$ = <input type="text" value="0.95"/> ??? $e_t$ = <input type="text" value="0.90"/> ??? $\eta_r$ = <input type="text" value="0.95"/> ??? $e_d$ = <input type="text" value="1.00"/> ??? Opravný součinitel $\epsilon$ ??? <input checked="" type="radio"/> $\epsilon = e_i \cdot e_t \cdot e_d = 0.765$ <input type="radio"/> $\epsilon =$ <input type="text" value="0.765"/> $Q_{VYT,r} = \frac{\epsilon \cdot 24 \cdot Q_c \cdot D}{\eta_o \cdot \eta_r \cdot (t_{is} - t_e)} \cdot 3,6 \cdot 10^{-3}$ $Q_{VYT,r} = \left\langle \begin{array}{l} 127.5 \text{ GJ/rok} \\ 35.4 \text{ MWh/rok} \end{array} \right\rangle \text{ Náklady}$	<input checked="" type="checkbox"/> <b>Ohřev teplé vody</b> $t_1$ = <input type="text" value="10"/> °C    ??? $\rho$ = <input type="text" value="1000"/> kg/m <sup>3</sup> ??? $t_2$ = <input type="text" value="55"/> °C    ??? $c$ = <input type="text" value="4186"/> J/kgK ??? $V_{2p}$ = <input type="text" value="0.328"/> m <sup>3</sup> /den    ??? Koefficient energetických ztrát systému $z$ = <input type="text" value="0.5"/> ??? Denní potřeba tepla pro ohřev teplé vody $Q_{TUV,d} = (1+z) \cdot \frac{\rho \cdot c \cdot V_{2p} \cdot (t_2 - t_1)}{3600} = 25.7 \text{ kWh}$ Teplota studené vody v létě $t_{svl}$ = <input type="text" value="15"/> °C Teplota studené vody v zimě $t_{svz}$ = <input type="text" value="5"/> °C Počet pracovních dní soustavy v roce $N$ = <input type="text" value="365"/> [dny] $Q_{TUV,r} = Q_{TUV,d} \cdot d + 0,8 \cdot Q_{TUV,d} \cdot \frac{t_2 - t_{svl}}{t_2 - t_{svz}} \cdot (N - d)$ $Q_{TUV,r} = \left\langle \begin{array}{l} 29.8 \text{ GJ/rok} \\ 8.3 \text{ MWh/rok} \end{array} \right\rangle \text{ Náklady}$
---	--

<b>Celková roční potřeba energie na vytápění a ohřev teplé vody</b>	
$Q_r = Q_{VYT,r} + Q_{TUV,r} =$	<b>157.3 GJ/rok</b>
	<b>43.7 MWh/rok</b>

## Zdroj

[http://pruvodce.rockwool.cz/konstrukce/fasady/kontaktني-zateplovaci-systemy-\(etics\).aspx?page=4917](http://pruvodce.rockwool.cz/konstrukce/fasady/kontaktني-zateplovaci-systemy-(etics).aspx?page=4917)

<http://www.rdtopeni.cz/podlahove-vytapeni/>

<http://www.agromechanika.cz/cs/kotle-am-licotherm/teplovodni-automaticke-kotle-am-licotherm>

<http://vytapeni.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/47-potreba-tepla-pro-vytapeni-a-ohrev-teple-vody>